

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-002064

(43)Date of publication of application : 11.01.1994

(51)Int.Cl.

C22C 21/02

C22F 1/05

(21)Application number : 04-221877

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 15.06.1992

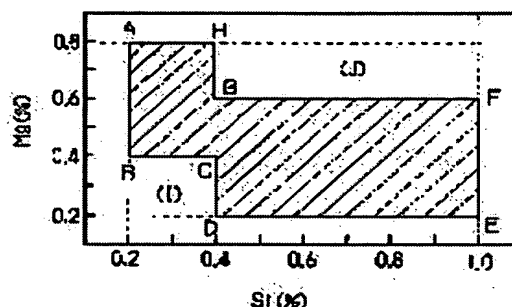
(72)Inventor : HIRANO MASAKAZU  
NAKAI MANABU

## (54) HIGH-STRENGTH AND HIGH-FORMABILITY AL-MG-SI ALLOY AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To economically manufacture the objective high strength and high formability Al-Mg-Si alloy by specifying the compsn. constituted of Mg, Si, Cu, Mn, Cr, Zr, Ti and Al and executing specified heat treatment.

CONSTITUTION: An Al alloy contg., as essential components, by weight, 0.2 to 0.8% Mg 0.2 to 1.0% Si and 0.1 to 0.4% Cu by the amounts within the region surrounded by lines connecting A (0.2, 0.8), B (0.2, 0.4), C (0.4, 0.4), D (0.4, 0.2), E (1.0, 0.2), F (1.0, 0.6), G (0.4, 0.6) and H (0.4, 0.8) in Si-Mg diagram and furthermore contg. at least one kind among 0.1 to 0.8% Mn, 0.1 to 0.4% Cr, 0.05 to 0.2% Zr and 0.005 to 0.2% Ti, and the balance Al with inevitable impurities is subjected to hot or cold rolling to regulate its thickness into a prescribed one. After that, this alloy sheet is heated to 475 to 550° C at ≥100° C/hr, is thereafter cooled to 45 to 65° C at 100° C/min and is furthermore held at ≥80° C for 15min to 12hr or at ≥70° C for 15min to 10hr.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-2064

(43)公開日 平成6年(1994)1月11日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

C 2 2 C 21/02

C 2 2 F 1/05

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-221877

(22)出願日 平成4年(1992)6月15日

(71)出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72)発明者 平野正和

栃木県真岡市鬼怒ヶ丘15番地株式会社神戸  
製鋼所真岡製造所内

(72)発明者 中井 学

栃木県真岡市鬼怒ヶ丘15番地株式会社神戸  
製鋼所真岡製造所内

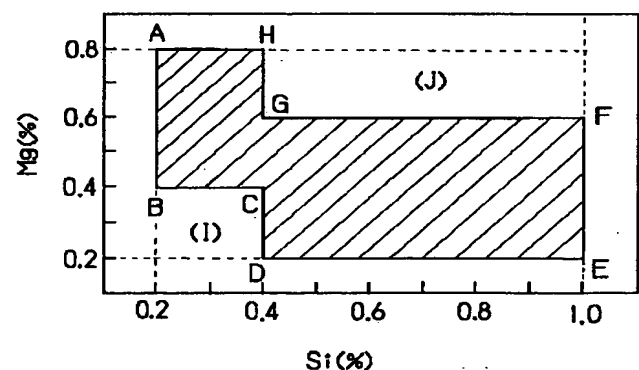
(74)代理人 弁理士 中村 尚

(54)【発明の名称】 高強度高成形性Al-Mg-Si系合金とその製造方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 高成形性Al合金5052と同等の成形性を有しながら、熱処理型合金6061-T6相当の高強度のAl合金。

【構成】 重量%で、Mg:0.2~0.8, Si:0.2~1.0, Cu:0.1~0.4%で、かつ、図1に示す点(Si%, Mg%)で、A(0.2, 0.8), B(0.2, 0.4), C(0.4, 0.4), D(0.4, 0.2), E(1.0, 0.2), F(1.0, 0.6), G(0.4, 0.6), H(0.4, 0.8)を順次結んだ線の領域内の量で、更にMn:0.1~0.8, Cr:0.1~0.4, Zr:0.05~0.2又はTi:0.005~0.2%を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなる高強度高成形性Al-Mg-Si系合金。また、上記Al合金を圧延し、厚さ調整後、100℃/時以上で475~550℃にして後、100℃/分以上で45℃~65℃の温湯に投入、更に温湯80℃以上に15分~12時間か、70℃以上に15分~10時間保持して製する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で(以下、同じ)、必須成分として、Mg: 0.2~0.8%、Si: 0.2~1.0%、Cu: 0.1~0.4%で、かつ、図1に示すA点(Si: 0.2%、Mg: 0.8%)、B点(Si: 0.2%、Mg: 0.4%)、C点(Si: 0.4%、Mg: 0.4%)、D点(Si: 0.4%、Mg: 0.2%)、E点(Si: 1.0%、Mg: 0.2%)、F点(Si: 1.0%、Mg: 0.6%)、G点(Si: 0.4%、Mg: 0.6%)、H点(Si: 0.4%、Mg: 0.8%)を順次結んだ線の領域内の量でMg及びSiを含有し、更にMn: 0.1~0.8%、Cr: 0.1~0.4%、Zr: 0.05~0.2%及びTi: 0.005~0.2%のうちの少なくとも1種を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなることを特徴とする高強度高成形性Al-Mg-Si系合金。

【請求項2】 請求項1に記載の化学成分を有するAl合金について、熱間圧延或いは冷間圧延を行い、所定の製品厚さまで調整した後、100℃/hr以上の加熱速度で475~550℃に加熱し、その後、100℃/min以上の冷却速度で45℃以上65℃以下の温湯中に投入し、更に80℃以上の温湯中に再投入して15分以上12時間以下保持するか或いは70℃以上の温湯中に投入して15分以上10時間以下保持することを特徴とする高強度高成形性Al-Mg-Si系合金の製造方法。

【請求項3】 請求項2で得られた合金について、更に10%以上の冷間加工を行った後、150~250℃にて5分以上10時間以下の短時間加熱を行うことを特徴とする高強度高成形性Al-Mg-Si系合金の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は高強度高成形性Al-Mg-Si系合金とその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 従来より、成形加工用アルミニウム合金としては、中強度で加工性及び耐食性に優れる5052や5083など、非熱処理型のAl-Mg系合金(5000系)が使用されてきた。しかし、軽量化の要求はますます厳しくなっており、これら5000系合金に代わる高強度で高成形性のアルミニウム合金が強く求められている。

【0003】 高強度アルミニウム合金としては2000系、6000系及び7000系の熱処理型合金があるが、成形性が劣ったり、熱処理が必要なため製造コストが高いなどの問題がある。

【0004】 また、5000系合金は、自動車走行時などの高温雰囲気で使用される場合に強度が低下すること、及びMgを多量に含む材料では、応力腐食割れを防止するために66℃より高い温度での使用が規制されること、などが改善点として指摘されている。

【0005】 本発明は、これらの要求に応えるため、高

成形性アルミニウム合金5052と同等の成形性を有しながら、熱処理型合金6061-T6相当の高強度が得られる新規なアルミニウム合金を提供し、またその製造方法を提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するため、本発明者は、従来の非熱処理型Al合金と同様に短時間の熱処理によって高強度の熱処理型Al合金と同等の高強度が得られる成分調整並びに製造条件について鋭意研究を重ねた結果、ここに本発明を完成したものである。

【0007】 すなわち、本発明は、必須成分として、Mg: 0.2~0.8%、Si: 0.2~1.0%、Cu: 0.1~0.4%で、かつ、図1に示すA点(Si: 0.2%、Mg: 0.8%)、B点(Si: 0.2%、Mg: 0.4%)、C点(Si: 0.4%、Mg: 0.4%)、D点(Si: 0.4%、Mg: 0.2%)、E点(Si: 1.0%、Mg: 0.2%)、F点(Si: 1.0%、Mg: 0.6%)、G点(Si: 0.4%、Mg: 0.6%)、H点(Si: 0.4%、Mg: 0.8%)を順次結んだ線の領域内の量でMg及びSiを含有し、更に、Mn: 0.1~0.8%、Cr: 0.1~0.4%、Zr: 0.05~0.2%及びTi: 0.005~0.2%のうちの少なくとも1種を含有し、残部がAlと不可避免の不純物からなることを特徴とする高強度高成形性Al-Mg-Si系合金を要旨とするものである。

【0008】 また、その製造方法は、上記化学成分を有するAl合金について、熱間圧延或いは冷間圧延を行い、所定の製品厚さまで調整した後、100℃/hr以上の加熱速度で475~550℃に加熱し、その後、100℃/min以上の冷却速度で45℃以上65℃以下の温湯中に投入し、更に80℃以上の温湯中に再投入して15分以上12時間以下保持するか或いは70℃以上の温湯中に投入して15分以上10時間以下保持し、必要に応じて、更に10%以上の冷間加工を行った後、150~250℃にて5分以上10時間以下の短時間加熱を行うことを特徴としている。

【0009】 以下に本発明を更に詳細に説明する。

## 【作用】

【0010】 従来の非熱処理型アルミニウム合金の加工工程は一般に以下の通りである。

・素材(軟質材)→成形加工→(製品によって焼付け塗装)。

【0011】 一方、従来の熱処理型アルミニウム合金は、溶体化水焼入れ後に室温に放置すると、時効硬化が数日で進行し成形加工性が著しく劣る。このため、一般には成形加工性の良い軟質材の状態で加工される。したがって、加工工程は以下のように極めて長くなり、製造コストが高くなる。しかも製品機能を重視する限られた製品のみ採用されるのが現状である。

・素材(軟質材)→成形加工→溶体化→水焼入れ→歪み矯

正→T6時効。

【0012】これに対し、本発明に係るAl合金は、主成分のMg、Siの比率及び含有量を厳しく管理し、且つ熱処理を組み合わせることにより遅効性を持たせたものである。このため、得られる素材は高成形性を備えており、更にこの高成形性と共に高強度のAl合金を得る場合には、5052や5083などの非熱処理型合金を使用する場合と同じ工程で、高強度な熱処理型合金の強度が得られるものである。このときに適用される加工工程は以下の通りである。

・素材(軟質材)→成形加工(10%以上)→短時間加熱(150~250℃×5分以上10時間以下)。

【0013】まず、本発明におけるAl-Mg-Si系アルミニウム合金の化学成分の限定理由を説明する。

【0014】Mg: 溶体化・焼入れ及びT6時効によって、Mg<sub>2</sub>Siの化合物を析出させ高強度を得る場合、Mg<sub>2</sub>Siのサイズと密度によって強度が決定される。本発明では、Mgを0.2~0.8%に管理することによって、焼入れ後室温に放置しても時効が進行しない遅効性を持ち、且つ成形加工後の短時間加熱により高強度を得ることができる。しかし、Mgが0.2%より少なくては最終的に得られる強度が低く、また0.8%より多くては遅効性を持たせることができない。よって、Mg量は0.2~0.8%の範囲とする。

【0015】Si: SiはMgと同じ理由で同様な効果を持つ重要な元素であるが、0.2%より少なくては最終的に得られる強度が低く、また1.0%より多くては遅効性を持たせることができない。よって、Si量は0.2~1.0%の範囲とする。

【0016】但し、Mg及びSiの含有量は、上記範囲内であって、かつ、図1に示すA点(Si: 0.2%, Mg: 0.8%)、B点(Si: 0.2%, Mg: 0.4%)、C点(Si: 0.4%, Mg: 0.4%)、D点(Si: 0.4%, Mg: 0.2%)、E点(Si: 1.0%, Mg: 0.2%)、F点(Si: 1.0%, Mg: 0.6%)、G点(Si: 0.4%, Mg: 0.6%)、H点(Si: 0.4%, Mg: 0.8%)を順次結んだ線の領域内の量に管理する必要がある。

【0017】すなわち、この範囲内の含有量であれば、焼入れ後室温に放置しても時効が進行しない遅効性を持ち、且つ成形加工後の短時間加熱により高強度が得られる。なお、Mg: 0.2~0.4%及びSi: 0.2~0.4%の範囲(図1のI領域)では最終的に得られる強度が低いので好ましくなく、また、Mg: 0.6~0.8%及びSi: 0.4~1.0%の範囲(図1のJ領域)では遅効性を持たせることができないため好ましくない。

【0018】Cu: CuはMg<sub>2</sub>Siの化合物を形成するに当たり析出の核として働き、強度向上に寄与する効果がある。しかし、0.1%より少ないと強度向上に効果がなく、また0.4%より多くては遅効性を持たせることができない。よって、Cu量は0.1~0.4%の範囲と

する。

【0019】本発明では、上記の元素を必須成分とするが、以下に説明するように、更にMn、Cr、Zr及びTiの少なくとも1種を適量にて添加する。

【0020】Mn: Mnは組織の安定化に寄与する元素であるが、0.1%未満ではその効果が少なく、一方、0.8%を超えると粗大金属間化合物が生成し、成形性が低下する。よって、Mn量は0.1~0.8%の範囲とする。

10 【0021】Cr: CrはMnと同様に組織の安定化に寄与する元素であるが、0.1%未満ではその効果が少なく、一方、0.4%を超えると粗大金属間化合物が生成し、成形性が低下する。よって、Cr量は0.1~0.4%の範囲とする。

【0022】Zr: Zrも同様に組織の安定化に寄与する元素であるが、0.05%未満ではその効果が少なく、一方、0.2%を超えると粗大金属間化合物が生成し、成形性が低下する。よって、Zr量は0.05~0.2%の範囲とする。

20 【0023】Ti: Tiは铸造組織を微細にし、铸造性、溶接性の向上に寄与する元素であるが、0.005%未満ではその効果が十分でなく、一方、0.2%を超えると粗大金属間化合物が生成し、成形性が低下する。よって、Ti量は0.005~0.2%の範囲とする。

【0024】次に本発明における熱処理条件について説明する。なお、上記の化学成分の厳格な管理によって本発明の目的は達成されるが、以下の熱処理を行うことによって更にその性能が向上するものである。

30 【0025】まず、上記Al合金は、常法によって熱間加工或いは冷間加工を行い、所定の製品厚さまで調整するが、その後、所定の条件で溶体化処理を施す。

【0026】溶体化処理: 温度が475℃より低くても溶体化が十分に起こらず、最終的に得られる強度が低く、また550℃より高くても材料が部分的に溶解してしまうので、溶体化温度は475~550℃の範囲とする。また、この時の加熱速度が100℃/hrより遅いと組織が粗大化して製品の成形加工性が劣化し、冷却速度が100℃/minより遅ければ焼入れが十分にできず、製品の強度が低くなる。よって、加熱速度及び冷却速度を100℃/hr以上とする。

40 【0027】更に、冷却時に投入する第1次の温湯の温度が45~65℃の範囲でないと、第2次の温湯の温度が80℃より低い時及び保持時間が15分未満の場合、材料の遅効性が得られない。また第2次の温湯中での保持時間が12時間を超えても効果は飽和する。なお、一段の焼入れを行う場合、温湯が70℃より低い場合又は保持時間が15分未満の場合には、材料の遅効性が得られず、また保持時間が10時間を超えても効果は飽和する。

50 【0028】このようにして得られる素材は、5052

や5053などの非熱処理型Al合金と同等以上の高成形性が得られる。また所要の強度も得られる。

【0029】本発明においては、必要な場合、次の加工処理を施すことによって、一層高い強度が得られる。すなわち、更にプレス加工、絞り加工、ロール成形、スピニング加工などの成形加工を行う場合、加工率が10%以上で、その後焼付け塗装などの短時間加熱を150～250℃にて5分以上10時間以下で行えば、6061-T6材並みの非常に高い強度が得られる。図2は化学成分並びに製造条件(冷間加工率を除く)が本発明範囲内のものについて冷間加工率を変えた場合に得られる強度の関係を調べたものであり、冷間加工率10%以上で短時間加熱によって高強度が得られることがわかる。

【0030】しかし、加工率が10%未満でも高強度は\*

\*得られるが、10%以上の冷間加工を行った場合の効果は大きい。なお、短時間加熱温度が150℃未満では強度向上が小さく、250℃を超えると過時効となり強度が低下する。また加熱時間が5分未満では十分な強度が得られず、10時間を超えて加熱しても効果が飽和し経済的でない。

【0031】次に本発明の実施例を示す。

【0032】

【実施例1】供試材として表1に示す化学成分のAl合金を用い、この50mm厚の鋳塊について熱間圧延後、冷間圧延を行い、4mm厚の材料を製造した。次いで、この板材を用いて表2に示す条件の熱処理を施して素材を得た。

【表1】

区 分		合金	アルミニウム合金の化学成分 (wt%)						
		No	Mg	Si	Cu	Mn	Cr	Zr	Ti
本発明合金		1	0.6	0.7	0.3	0.2	—	—	0.03
		2	0.4	0.7	0.3	—	0.15	—	0.03
		3	0.6	0.5	0.3	—	—	0.10	0.03
		4	0.6	0.9	0.3	0.2	—	—	0.03
類似合金		5	0.3	0.3	0.3	—	0.15	—	0.03
		6	0.8	0.8	0.3	—	0.15	—	0.03
		7	0.6	0.7	0.3	—	—	—	—
比較合金	6061	8	1.0	0.6	0.2	—	0.2	—	0.03
	5052	9	2.5	—	—	—	0.2	—	0.03

【表2】

項 目	材料の製造条件	
	本発明条件	類似条件
加熱速度	200℃/hr	200℃/hr
溶体化温度	535℃	450℃
冷却速度	400℃/min	400℃/min
1次温湯温度	55℃	55℃
2次温湯温度	90℃	90℃
〃 保持時間	4hr	4hr

なお、No. 9 (5052合金)については、板材を340℃×2hr加熱してO材(軟質材)とした。得られた素材の※40 【表3】

※性能を表3

区 分	合 金 No	機 械 的 性 質 (4mm)									
		素材性能					製品性能				
		成形性		強 度			強 度			高温加熱後の強度	
		Er (mm)	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)
本発明例	1	15	186	78	32	315	295	17	306	297	16
	2	14	182	72	33	318	290	18	308	290	17
	3	15	185	80	31	310	293	17	309	294	17
	4	15	183	78	32	316	297	18	307	297	17
比較例	5	10	216	123	25	251	201	16	262	212	14
	6	11	218	130	24	251	212	16	263	217	15
	7	11	217	129	26	259	201	15	259	212	16
	1	10	231	116	27	251	215	16	262	219	14
	8	8	244	125	25						
	9	15	190	82	28						

(注1) Er:エリクセン値

(注2) 素材性能欄の強度は、焼入れ後、室温に4月放置後の強度である。

(注3) 製品性能欄の強度は、冷間加工30%→160℃×15分の焼付け塗装実施後の強度であり、高温加熱後の強度は、更にその後、100℃×1000時間使用した後の強度である。

に示す。また、更に素材に対する冷間加工(加工率30%)→160℃×15分の焼付け塗装実施後の製品性能並びに高温加熱使用後の強度も表3に併記する。

【0033】表3より、本発明例は、素材では5052並みの低い強度を有すると共に、高い伸びとエリクセン値を持ち、5052並みの成形加工性を示していることがわかる。また、素材に対する冷間加工後の焼付け塗装によって更に高い強度が得られ、高温加熱使用後の強度\*

\* も高いことが明らかである。

【0034】

【実施例2】供試材として表1に示す化学成分のAl合金を用い、この50mm厚の鋳塊について熱間圧延後、冷間圧延を行い、4mm厚の材料を製造した。次いで、この板材を用いて表4

【表4】

素 材 の 製 造 条 件									
区 分	条 件 No	加熱工程			水冷工程 A			水冷工程 B	
		速度 (℃/hr)	温度 (℃)	冷却速度 (℃/min)	1 次温湯 温度 (℃)	2 次温湯		温度 (℃)	保持時間
						温度 (℃)	保持時間		
本発明条件	①	200	535	400	55	90	4 hr	—	—
	②	150	510	250	50	85	2 hr	—	—
	③	200	535	400	—	—	—	80	4 hr
	④	45	535	400	55	90	4 hr	—	—
類似条件	⑤	200	450	400	55	90	4 hr	—	—
	⑥	200	535	400	20	65	4 hr	—	—
	⑦	200	535	400	55	90	5 min	—	—
	⑧	200	535	400	—	—	—	50	4 hr

に示す条件の熱処理を施して素材を製造し、次いで表5\* \* 【表5】

区 分	条 件 No	製品の製造条件		
		冷間加工率 (%)	加熱工程	
			温度 (℃)	保持時間
本発明条件	イ	20	180	2hr
	ロ	50	220	30min
類似条件	ハ	5	180	2hr
	ニ	20	100	2hr
	ホ	20	100	2min

に示す条件で加工及び短時間熱処理を施して製品を製造      \* 後の強度を表6に示す。  
した。得られた素材の性能並びに製品性能及び高温使用\*      【表6】



区分	合金 No	製造 条件 素材製品	素材性能			製品性能			高温加熱後の強度		
			成形性		強度	強度		強度	強度		強度
			Er (mm)	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
本発明例	1	①	イ	15	186	78	32	17	306	297	17
	1	②	イ	15	178	72	33	18	301	292	17
	1	③	イ	15	190	80	31	18	312	293	17
	1	①	ロ	15	187	79	31	17	310	292	16
	2	①	イ	14	182	72	33	18	308	290	17
	3	①	イ	15	185	80	31	17	309	294	17
	4	①	イ	15	183	78	32	18	307	297	17
	1	④	イ	11	224	122	24	18	253	202	13
	1	⑥	イ	10	223	125	23	18	251	212	12
	1	⑥	イ	10	221	124	24	17	246	214	15
比較例	1	⑦	イ	11	215	118	22	18	249	209	14
	1	⑧	イ	10	226	124	23	17	257	210	15
	1	①	ハ	15	186	78	32	17	207	215	16
	1	①	ニ	"	"	"	"	18	213	201	17
	1	①	ホ	"	"	"	"	17	205	207	16
	5	①	イ	10	216	123	25	16	262	212	14
	6	①	イ	11	218	130	24	16	263	217	15
	7	①	イ	11	217	129	26	15	259	212	16
	8	8	8	8	244	125	25				
	9	9	9	15	190	82	28				

(注) 表3の脚注を参照。

【0035】表6において本発明例が示すように、化学成分を調整すると共に溶体化処理を施して得られる素材は特に高成形性を有するが、更に所定の冷間加工及び短時間熱処理を施すことによって、更に高強度を付与できることがわかる。また特に高温での使用によっても高い強度を維持できることを示している。

【0036】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、高成形性アルミニウム合金5052と同等の成形性を有しながら、熱処理型合金6061-T6相当の高強度を有する高強度高成形性アルミニウム合金を提供すること\*50

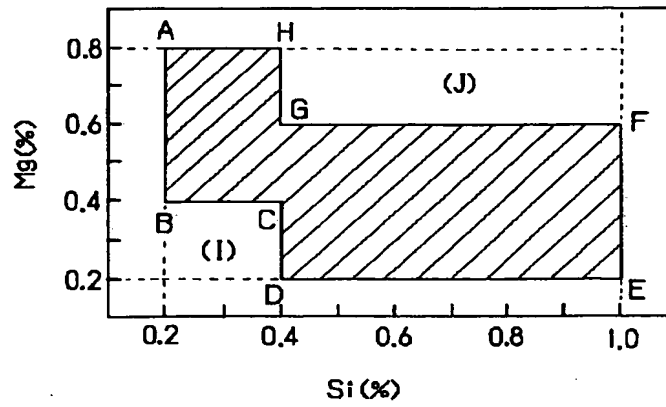
\*ができ、特に高温での使用によって強度低下がない。また、非熱処理型アルミニウム合金と同様の工程で製造できるので経済的であり、用途の拡大に寄与する効果は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】Al-Mg-Si系合金におけるMg量とSi量の関係を示す図で、A、B、C、D、E、F、G、Hの各点を順次結んだ領域内(斜線部)が本発明範囲内である。

【図2】素材を冷間加工後に短時間加熱したときの機械的性質と冷間加工率の関係を示す図である。

【図1】



【図2】

